TFE-21

การผลิตอาหารเพื่อสุขภาพจากถั่ว 5 สีสำหรับผู้สูงวัยด้วยกรรมวิธีเอ็กซ์ทรูชัน

*มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์[1] อำนาจ คูตะคุ[1]
ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ [2]กรุณา วงษ์กระจ่าง และ [2]ชมดาว สิกขะมณฑล[2]
[1] *คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520*
[2]*สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุรจักร กรุงเทพฯ 10900*

ผู้เขียนติดต่อ: มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ E-mail: kpmarade@kmitl.ac.th, kpmarade@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำหรับผู้สูงอายุจากถั่ว 5สี โดยอาศัยกระบวนการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันจากถั่ว 5 สี ประกอบด้วย อัตราส่วนผสมระหว่างลูกเดือยกับถั่วแต่ละสี (30:70,50:50,70:30) และความเร็วรอบสกรู (450 และ 550 rpm) ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ความหนาแน่น อัตราส่วนขยายตัว ความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) ความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) ลักษณะเนื้อสัมผัส และสีของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดต ผลการทดลองที่ได้ถูกนำมาคัดเลือกหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่า วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบจากถั่ว 5 สีกับลูกเดือยสามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันได้ การเพิ่มความเร็วรอบสกรูส่วนใหญ่มีผลทำให้เอ็กซ์ทรูเดต มีค่าความหนาแน่น และค่าความชื้นลดลง ขณะที่ค่าอัตราส่วนขยายตัวของผลิตภัณฑ์ ค่าความสามารถในการละลายน้ำ และค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สภาวะการผลิตที่มีค่าตัวแปรการผลิตที่อัตราส่วนน้ำหนักผสมของลูกเดือยกับถั่ว เท่ากับ 50:50 และความเร็วรอบสกรู 550 rpm สามารถใช้ผลิตกับถั่วทุกสูตร ยกเว้นวัตถุดิบที่ผลิตจากสูตรที่มีส่วนผสมของถั่วเหลือง ซึ่งมีข้อจำกัดต่อการนำมาใช้ผลิต เนื่องจากมีปริมาณไขมันสูงสามารถใช้ผสมกับลูกเดือยได้เพียง 30% ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: อาหารสุขภาพ, ถั่ว, 5 สี, การผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน, ผู้สูงวัย

1. บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเช้า/อาหารสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยวัตถุดิบหลักที่เป็นแป้งข้าวเจ้า ข้าวโพด ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย มีปริมาณน้ำตาล ไขมัน แป้งสูง จึงไม่เหมาะสำหรับผู้สูงวัย {1] ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ผลิตภัณฑ์จากถั่ว/ลูกเดือย ในท้องตลาดส่วนมากยังไม่อยู่ในรูปแบบพร้อมบริโภค จึงไม่สะดวกต่อการนำมาบริโภค ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแบบใหม่ ที่ประกอบด้วยวัตถุดิบหลักจากธัญพืช และถั่วเป็นหลัก ซึ่งอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะวิตามิน แร่ธาตุที่จำเป็น และอยู่ในรูปแบบที่พร้อมบริโภคสำหรับผู้สูงวัยจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะกับสภาวการณ์ปัจจุบัน [2]

กระบวนการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันเป็นกรรมวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปภายในขั้นตอนเดียว และมีต้นทุนการผลิตต่ำ รูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตได้ด้วยกรรมวิธีเอ็กซ์ทรูชันมีหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเช้า อาหารผงสำเร็จรูป อาหารเด็กอ่อน หรืออาหารขบเคี้ยว ถึงแม้ว่ากรรมวิธีผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันมีข้อได้เปรียบหลายประการ [3] แต่ในปัจจุบันการนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่ยังคงจำกัดอยู่เพียงกลุ่มวัตถุดิบจากธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าว และแป้งสาลี เท่านั้น [4,5,6] ส่วนวัตถุดิบในกลุ่มถั่วและลูกเดือยยังไม่พบมีการนำวิธีการผลิตแบบนี้ไป

ประยุกต์ใช้มากนัก โดยปกติวัตถุดิบธัญพืชเมื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการเอ็กซ์ทรูชันโมเลกุลอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีและกายภาพภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงในระยะเวลาสั้นๆ ได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่สะดวกต่อการบริโภค และร่างกายสามารถย่อยสลายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณลักษณะหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามต้องการนั้น จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงผลกระทบของสภาวะตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการผลิต จึงสามารถควบคุมการผลิตให้ได้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามต้องการได้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่พร้อมบริโภคที่มีคุณค่าทางอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค โดยเฉพาะผู้บริโภคที่สูงวัย เนื่องจากปัญหาความเสื่อมถอยของร่างกาย การบริโภคสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายย่อมช่วยสร้างเสริมสุขภาพให้แข็งแรง มีรายงานเกี่ยวกับการบริโภคอาหารให้ครบ 5 สี ให้เข้ากับธาตุในร่างกายนั้น จะช่วยให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ซึ่งจะช่วยป้องกันและรักษาโรค บำรุงร่างกายให้ทำงานดียิ่งขึ้น แหล่งวัตถุดิบดังกล่าวสามารถหาบริโภคได้ง่ายจากถั่ว [2,7,8] ดังต่อไปนี้

- **ถั่วเหลือง** มีโปรตีน,คาร์โบไฮเดรต, เลซิทินในปริมาณสูง รวมทั้งมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี1 ,บี2 ป้องกันการขาดแคลเซียม บำรุงระบบประสาท ช่วยป้องกันไม่ให้ตับทำงานผิดปกติ
- **ถั่วเขียว** มีสารไทเอมีน,วิตามินบี 2 ,บี3 ,กรดแอสคอร์บิค ที่ให้ค่าการตอบสนองต่อน้ำตาลในเลือดต่ำ เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน
- ถั่วแดง เป็นแหล่งโปรตีน อุดมด้วยแอนโทไซยานิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดและโรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัวได้
- ถั่วดำ มีสารแอนโทไซยานิน โฟเลท แมกนีเซียม กรดแอลฟาลิโนริอิค วิตามิน บี 6 บี1 และ บี 2 บำรุงหัวใจ ลดไขมันอุดตันในหลอดเลือด บำรุงไต ขับเหงื่อ
- **ถั่วขาว** มีสารฟาซิโอลามินทำให้การสะสมของไขมันลดลง นิยมแปรรูปเป็นสารสกัดถั่วขาว อาหารเสริม เพื่อช่วยลดความอ้วน

ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรการผลิตและกรรมวิธีการผลิตอาหารสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากถั่ว 5 สีที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุในรูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารเช้า (Breakfast cereals) สามารถรับประทานพร้อมนม หรือนำมาบดชงละลายเป็นอาหารเหลวข้นหนืด โดยอาศัยกรรมวิธีผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้

2. วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ศึกษา ประกอบด้วย ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ ถั่วเขียวผิวมัน ถั่วแดงหลวง ถั่วดำ ถั่วขาว และลูกเดือยพันธุ์ข้าวเจ้า นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาบดด้วยเครื่องบดแบบ Hammer mill ได้ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 50-60 mesh ก่อนนำไปปรับค่าความชื้นเพื่อป้อนเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน

2.2 กรรมวิธีการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชัน

กรรมวิธีการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันอาศัยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยว อัตราส่วน L/D เท่ากับ 10/1 ใช้หน้าแปลนวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร วัตถุดิบผ่านการบดและคัดขนาดให้มีขนาดอนุภาคในช่วง 50-60 mesh ก่อนนำวัตถุดิบถั่วแต่ละชนิดมาผสมกับลูกเดือย ที่อัตราส่วนต่างๆ ปรับค่าความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบผสมให้คงที่ที่ 16% กำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ อุณหภูมิบาร์เรล 70 °C อัตราการป้อนวัตถุดิบ 15 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดำเนินการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ที่อุณหภูมิ 115 °C จึงเริ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้ นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที ก่อนเก็บบรรจุในถุงพลาสติกแบบ Polypropylene จากนั้นนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ

2.3. การวางแผนการทดลอง

ในงานวิจัย ได้ศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกระบวนการผลิตต่อคุณลักษณะของเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้ กำหนดค่าตัวแปรของสภาวะการผลิตที่ศึกษา คือ 1)

อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสม และ 2) ความเร็วรอบของสกรู ดังนี้

ตัวแปรอิสระ (Independent variables)

1) อัตราส่วนการผสม คิดเป็นน้ำหนักลูกเดือย: ถั่วแต่ละสี แบ่งเป็น 3 ระดับ
   1.1) 70 : 30
   1.2) 50 : 50
   1.3) 30 : 70
2) ความเร็วรอบของสกรู แบ่งเป็น 2 ระดับ
   2.1) 450 rpm
   2.2) 550 rpm

ตัวแปรตาม (Dependent variables) หรือคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

1) ความชื้นของเอ็กซ์ทรูเดต (MC)
2) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)
3) ความหนาแน่น (True density)
4) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index)
5) ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index)
6) อัตราส่วนการขยายตัว (Expansion Ratio, ER)

ผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยวิธี Response Surface Methodologyเพื่อศึกษาผลกระทบของค่าตัวแปรการผลิตต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดต

2.4. การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

- ความชื้น : Moisture content, MC

นำตัวอย่างมาบดละเอียด ชั่งจำนวน 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณหาค่าความชื้น จากสมการ (AOAC, 1990)

$$MC\ (\%) = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

- ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{น้ำหนักเอ็กซ์ทรูเดตในกระบอกตวง}}{\text{ปริมาตรกระบอกตวง (1ลิตร)}}$$

- ความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) (Anderson, 1969)

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดประมาณ 4-5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรและคนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 30 นาที นำมาเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge โดยใช้ความเร็ว 3000 rpm เป็นเวลา10 นาที แยกส่วนใสที่ได้และส่วนตะกอน นำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า WAI จาก สมการ

$$WAI(g/g) = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

นำส่วนละลายใสที่ได้มาระเหย ก่อนนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105ºC จนน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่า WSI

$$WSI(\%) = \frac{\text{น้ำหนักที่ละลายในส่วนใส}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

– ***อัตราส่วนการขยายตัว: Expansion Ratio ER***

เป็นค่าแสดงการพองตัวของเอ็กซ์ทรูเดต (Alvarez-Martinez, 1998) คำนวณจากสมการ

$$ER = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของตัวอย่าง}}{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าแปลน}}$$

– ***ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)***

ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT Plusโดยทำการวัดค่าแรงกด 5 ซ้ำแล้วบันทึกกราฟที่ได้ อ่านค่าแรงแตกหักสูงสุด (g) จำนวนพีค (Crispness) และพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกดกับเวลา (Toughness, g.sec) โดยคำนวณค่า Hardness จากสมการ

$$\text{Hardness}\ \left(\frac{g}{mm^2}\right) = \frac{\text{แรงแตกหักสูงสุด}}{\text{พื้นที่ตัวอย่างที่ทำการวัด}}$$

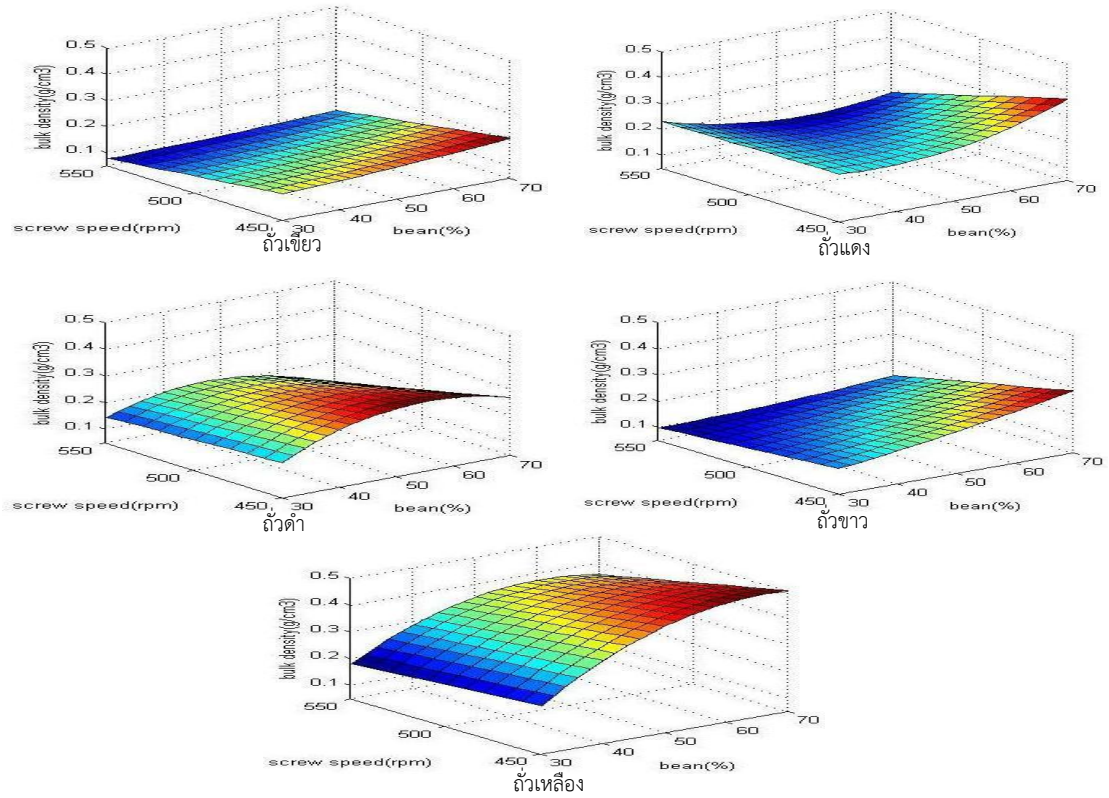
$$\text{Crispness} = \frac{\text{จำนวน peak}}{\text{ขนาดของผลิตภัณฑ์}}$$

3. ผลการทดลอง

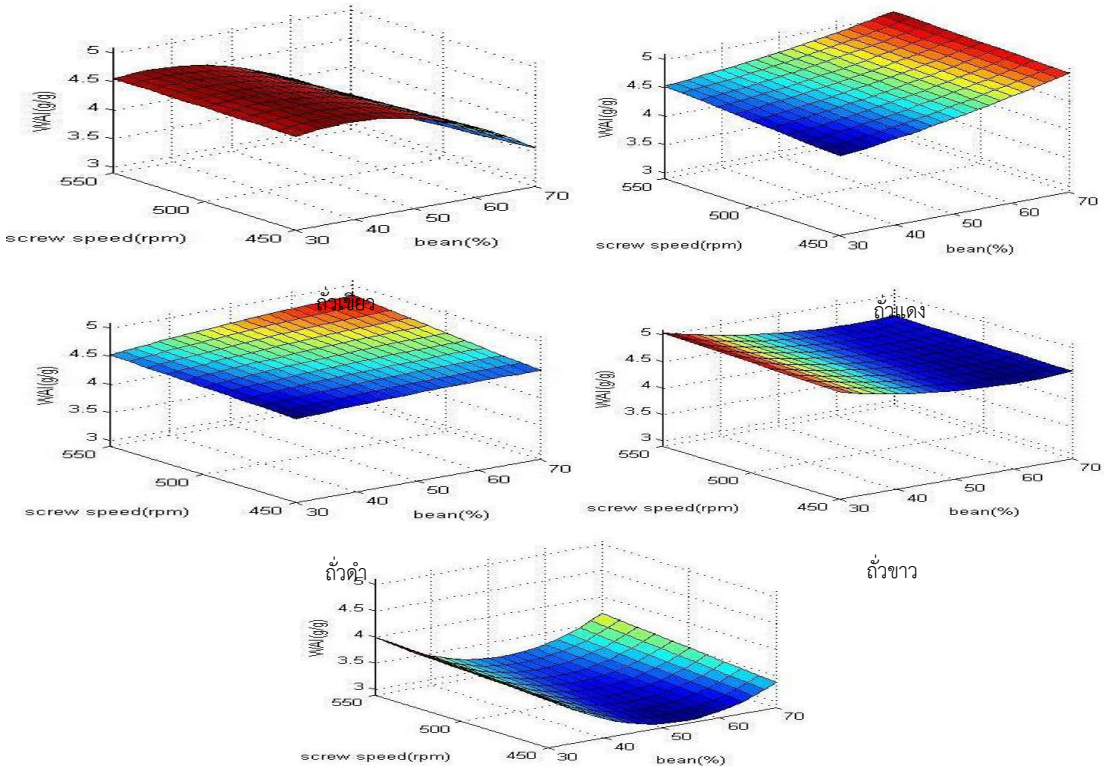
จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้วัตถุดิบจากลูกเดือยผสมกับถั่ว 5 สี (ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วขาว และถั่วเหลือง) โดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย อัตราส่วนน้ำหนักผสมของลูกเดือยกับถั่ว เท่ากับ 30:70 , 50:50 , 70:30 และความเร็วรอบของสกรู 450-550 rpm พบว่าความเร็วรอบของสกรู และอัตราส่วนของถั่ว เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะของเอ็กซ์ทรูเดตบางประการของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังนี้

3.1 ผลของความเร็วรอบ

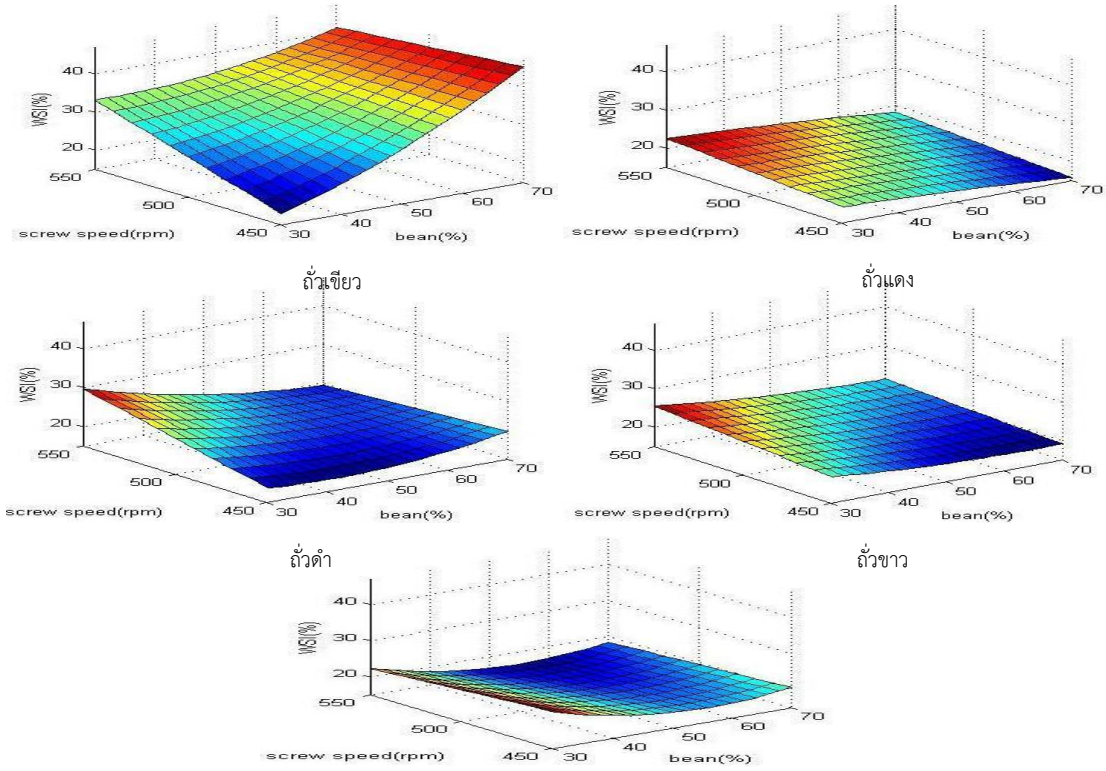
ในสภาวะการผลิตที่ใช้ความเร็วรอบสกรูสูง 550 rpm นั้น มีผลทำให้เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้มี ค่าความชื้นและความหนาแน่นต่ำลง ในขณะที่ค่าอัตราส่วนการขยายตัว และความสามารถในการละลายเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าสามารถในการดูดซับน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 1-3 ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบทำให้เกิดแรงเฉือนกระทำต่อเนื้อวัตถุดิบ โมเลกุลของถั่วและลูกเดือยสามารถแตกตัวหลอมละลายได้ดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะการพองตัว มีคุณสมบัติด้านการละลายและดูดซับน้ำได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในขณะการศึกษานี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในช่วง 450-550 rpm ไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ความแข็งและความกรอบอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 1 แสดง Surface plot ของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของถั่วแต่ละชนิดและความเร็วรอบของสกรูที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2 แสดง Surface plot ของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของถั่วแต่ละชนิดและความเร็วรอบของสกรูที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ



รูปที่ 3 แสดง Surface plot ของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของถั่วแต่ละชนิดและความเร็วรอบของสกรู

ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์

3.2 ผลของอัตราส่วนการผสม

จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนผสมของถั่วในวัตถุดิบ มีผลให้เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้มีค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นสูงขึ้น ในขณะที่ค่าอัตราส่วนการขยายตัว และค่าความสามารถในการละลายที่ได้ของเอ็กซ์ทรูเดตมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของถั่วทำให้วัตถุดิบมีปริมาณไฟเบอร์ โปรตีน และไขมันเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อมาก แต่อย่างไรก็ตามสำหรับเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้จากวัตถุดิบผสมจากถั่วเขียวนั้นพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอัตราส่วนการขยายตัวสูงขึ้น สำหรับค่าความชื้นของเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้จากวัตถุดิบผสมของถั่วแต่ละชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 2.16-6.61% โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมถั่วเหลืองที่มากกว่า 30% มีลักษณะค่อนข้างแข็งกระด้าง อัตราการขยายตัวต่ำ เนื่องจากมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง เอ็กซ์ทรูเดตที่ผสมถั่วเหลืองในอัตรา 70%มีค่าความชื้นและความหนาแน่นสูงสุด

ผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ วัตถุดิบผสมจากถั่วแต่ละชนิดให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่แตกต่างกันออกไป สำหรับถั่วเขียวกับลูกเดือยให้อัตราการขยายตัวสูงสุดที่ค่า 2.24 ส่วนค่าความหนาแน่นของเอ็กซ์ทรูเดตที่ได้จากวัตถุดิบถั่วเหลืองกับลูกเดือยมีค่าสูงสุด 6.23 กรัม/เซนติเมตร^3 ในขณะที่เอ็กซ์ทรูเดตจากวัตถุดิบผสมของถั่วเขียวกับลูกเดือยให้ค่าต่ำสุด ส่วนถั่วแดงกับลูกเดือยมีอัตราการดูดซับน้ำสูงสุดที่ 4.55 g/g และถั่วเหลืองกับลูกเดือยมีอัตราการละลายน้ำมากกว่าสูตรอื่น ดังแสดงในรูป 1-3

3.3 คุณค่าทางโภชนาการของเอ็กซ์ทรูเดต

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ คือ มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 3.3-8.3 % ส่วนปริมาณไขมันมีค่าสูงถึง 8.0-34.0% ส่วนเอ็กซ์ทรูเดตจากถั่วทั้ง 5 สีที่ผสมลูกเดือยนั้นเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate Analysis ได้ค่าปริมาณโปรตีน 16.8-20.3% และปริมาณไขมันต่ำ 2.6% - 8.9% จัดว่าเอ็กซ์ทรูเดตที่ผลิตจากถั่ว 5 สีและลูกเดือยสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่จำหน่ายทั่วไป นอกจากนั้นในการศึกษานี้ได้นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตไปทดสอบทางประสาทสัมผัสในลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารเช้ากับผู้สูงอายุจำนวน 40 คนพบว่าได้ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี ผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่ผลิตจากวัตถุดิบผสมของถั่วเขียวเป็นได้รับการยอมรับจากผู้สูงอายุจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4. สรุปผล

จากผลการศึกษาพบว่าถั่วทั้ง 5 สี (ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วขาว และถั่วเหลือง) สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแบบเอ็กซ์ทรูชันได้ โดยการเตรียมวัตถุดิบจากถั่วแต่ละสีมาผสมกับลูกเดือยก่อนทำการผลิต จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มความเร็วรอบสกรูในการผลิตส่วนใหญ่มีผลทำให้เอ็กซ์ทรูเดต มีค่าความหนาแน่น และค่าความชื้นลดลง ขณะที่ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ ค่าความสามารถในการละลายน้ำ และค่า อัตราส่วนขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น สภาวะการผลิตที่มีค่าตัวแปรอัตราส่วนน้ำหนักผสมของลูกเดือยกับถั่ว เท่ากับ 50:50 และความเร็วรอบสกรู 550 rpm สามารถใช้ผลิตกับถั่วทุกสูตร แต่วัตถุดิบที่ผลิตจากสูตรที่ผสมถั่วเหลืองมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ เนื่องจากมีปริมาณไขมันสูง สามารถใช้ผสมกับลูกเดือยได้เพียง 30% ผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูเดตที่ได้สามารถนำมาบริโภคในรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าโดยทานกับนมหรือใช้เป็นอาหารขบเคี้ยว เหมาะสำหรับผู้สูงวัย เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่จำหน่ายในท้องตลาด

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] รุจิรา สัมมะสุต. 2543. ความต้องการพลังงานและสารอาหารของผู้สูงอายุ แหล่งที่มา URL: http://www.elib-online.com/doctors2/senile_food01.html เข้าดูเมื่อวันที่ 9/7/2553

[2] เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ กัญจนา ดีวิเศษ พรทิพย์ เติมวิเศษ ภัทราพร ตั้งสุขฤทัย นวลจันทร์ ใจอารีย์ กมลพรรณ โอวาทสุวรรณ (2544) “การศึกษาทางมานุษยวิทยาโภชนาการ : กรณีถั่ว”, สถาบันการแพทย์แผนไทย กระทรวงสาธารณสุข
pop_base/ageing/ageing_041.htm เข้าดูเมื่อวันที่ 12/12/2552

[3] Guy, R., (2001) Extrusion Cooking – Technologies and applications, CRC Press, Woodhead Publishing Ltd., USA

[4] Bo Ding Q., Ainsworth P., Tucker G. & Marson H. (2005) The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks, Food Engineering, 66,283–289.

[5] Narpinder Sing, A. C. Smith, N. D. Frame (1998) “Effect of process variables and monoglycerides- on extrusion of maize grits using two sizes of extruder”, Food Engineering, 35, (1), 91-109

[6] Bhattacharya S. (1997) Twin-screw extrusion of rice-green gram blend: Extrusion and extrudate characteristics, Food Engineering, 32, 83-89

[7] วิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย “ไทยหนีไม่พ้นวิกฤตสังคมผู้สูงอายุ” (2551) แหล่งที่มา URL: http://www.cps.chula.ac.th/-html_th/

[8] สุทธิวัสส์ คำภา (2547) “ถั่ว 5 สี สัมพันธ์กับ ธาตุทั้ง 5” พืชเศรษฐกิจ เอกสารนาฬิกาชีวิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์